FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1938 N° 314

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(Mention Médecine)

PAR

REISZ Jean

né le 3 octobre 1912, à Simandul de Jos (Roumanie)

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA PROTECTION CONTRE LES GAZ DE COMBAT PAR LES APPAREILS FILTRANTS

Président : M. TANON, *Professeur.*

Éditions Jel
24, RUE DE MONTESSUY
PARIS (7e)

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1938 N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(Mention Médecine)

PAR

REISZ Jean

né le 3 octobre 1912, à Simandul de Jos (Roumanie)

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA PROTECTION CONTRE LES GAZ DE COMBAT PAR LES APPAREILS FILTRANTS

Président : M. TANON, *Professeur.*

Editions Jel
24, RUE DE MONTESSUY
PARIS (7e)

Le Doyen : **TIFFENEAU.**

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIERE
Physiologie	Léon BINET
Physique médicale	STROHL
Chimie médicale	POLONOVSKI
Bactériologie	Robert DEBRE
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT
Pathologie et thérapeutique générale	BAUDOUIN
Pathologie médicale	ABRAMI
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU
Anatomie pathologique	LEROUX
Histologie	CHAMPY
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU
Thérapeutique	HARVIER
Hygiène et médecine préventive	TANON
Médecine légale	BALTHAZARD
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET
Clinique médicale	LOEPER
	CARNOT
	CLERC
	Marcel LABBE
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE
Clinique chirurgicale	CUNEO
	GOSSET
	GREGOIRE
	LENORMANT
Clinique ophtalmologique	TERRIEN
Clinique urologique	MARION
Clinique d'accouchements	BRINDEAU
	COUVELAIRE
	JEANNIN
Clinique gynécologique	MOCQUOT
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL
Clinique propédeutique	SERGENT
Clinique de la Tuberculose	BEZANÇON
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU
Clinique cardiologie	LAUBRY
Professeurs sans chaire	HOVELACQUE
	MULON
	OLIVIER
	VERNE



II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.
AMELINE ...... Pathologie chirurgicale
BARIETY .... Pathologie médicale
BENARD (Henri) .. Pathologie médicale
BERNARD (Etienne) ...... Pathologie médicale
BESANÇON (Justin) ...... Hydrologie
BOULIN .... Pathologie médicale
BULLIARD .... Histologie
CATHALA ...... Pathologie médicale
CHEVALLIER .... Pathologie médicale
COSTE .... Pathologie médicale
DOGNON .... Physique
FEY .... Urologie
FUNCK ...... Pathologie chirurgicale
GALLIARD .... Parasitologie
GASTINEL .... Bactériologie
DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie chirurgicale
GAYET .... Physiologie
DE GENNES ...... Pathologie médicale
GIROUD .... Histologie
HAGUENAU ...... Pathologie médicale
HALPHEN .... Oto-rhino-laryngologie
HAZARD .... Pharmacologie
HUGUENIN .... Anatomie pathologique
JOANNON .... Hygiène

MM.
LACOMME .... Obstétrique
LANTUEJOUL .... Obstétrique
LAROCHE (Guy) Pathologie médicale
LELONG .... Pathologie médicale
LEMAIRE .... Pathologie expérimentale
LEVEUF ...... Pathologie chirurgicale
M^{lle} J. LEVY .... Pharmacologie
LEVY-VALENSI Neurologie et Psychiâtrie
MENEGAUX .... Pathologie chirurgicale
MOLLARET ...... Pathologie médicale
MOREAU .... Pathologie médicale
MOULONGUET Pathologie chirurgicale
MOUQUIN ...... Pathologie médicale
OBERLING .... Anatomie pathologique
PETIT-DUTAILLIS .... Pathologie chirurgicale
PIEDELIEVRE ...... Médecine légale
PORTES .... Obstétrique
RENARD .... Ophtalmologie
RICHET .... Physiologie
SANNIE .... Chimie biologique
SENEQUE .... Pathologie chirurgicale
TROISIER .... Pathologie expérimentale
TURPIN .... Pathologie médicale
VIGNES .... Obstétrique
WILMOTH .... Pathologie chirurgicale

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.
ALGLAVE ...... Pathologie chirurgicale
BUSQUET .... Pharmacologie
CHAILLEY-BERT .... Physiologie
GUENIOT .... Obstétrique

MM.
LARDENNOIS .. Pathologie chirurgicale
LEROUX ...... Anatomie pathologique
NEVEU-LEMAIRE ...... Parasitologie
PHILIBERT .... Bactériologie
VAUDESCAL .... Obstétrique

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

MM.
ALAJOUANINE ..
AUBERTIN ....
BRULE ....
CHABROL ......
CHIRAY ....
DONZELOT ....
DUVOIR ....
LIAN ....
PASTEUR - VALLERY-RADOT
SEZARY ....

} Clinique médicale

MM.
BASSET ....
BROCQ ....
CADENAT ......
GATELLIER ....
HEITZ-BOYER ..
MOURE ....
QUENU ....
SCHWARTZ ....
VELTER ....

} Clinique chirurgicale

MM.
ECALLE ....
LE LORIER ....
LEVY-SOLAL ..
METZGER ......

} Clinique obstétricale

V. — CHARGES DE COURS

MM.
CHAILLEY-BERT, agrégé .. Education physique
LEDOUX-LEBARD ...... Radiologie clinique
PHILIBERT, agrégé ...... Microbiologie
RUPPE .... Stomatologie
WEIL-HALLE .... Puériculture

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41556009_0020

A mon PERE.

A ma MERE.

A ma FEMME.

A ma FILLE.

A mon ONCLE et à ma TANTE :

Docteurs A. et S. DRUAULT,

Meis et Amicis.

A Monsieur le PROFESSEUR L. TANON,

Professeur d'Hygiène et de Médecine Préventive
à la Faculté de Médecine de Paris,
Professeur à l'Institut de Médecine Coloniale,
Conseiller Technique
du Ministre de la Santé Publique,
Inspecteur général des Services Techniques d'Hygiène
de la Préfecture de Police,
Membre de l'Académie de Médecine,
Officier de la Légion d'Honneur,

qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Hommage de respect et de gratitude.

Au Docteur RAOUL MERCIER,

Professeur à l'Ecole de plein exercice
de médecine et pharmacie de Tours,
Ancien adjoint à l'Inspection générale
du Service de Santé du groupe d'armées Fayolle,
Officier de la Légion d'Honneur,

avec l'expression de notre respectueux attachement.

A nos MAITRES des Hôpitaux de Tours.

A tous les âges le génie de la destruction dirigea l'homme vers la recherche des gaz de combat.

Tite-Live décrit comment les Romains ont voulu chasser les Ambraciens en faisant brûler du duvet de poule. (Nous avons réalisé un beau progrès depuis !)

Le feu grégeois a joué un rôle très important dans les combats du moyen-âge.

Au 13[e] siècle Hassan Abramanach nous signale la possibilité de fabriquer des gaz toxiques par la combustion des matières opiacées et arsénicales.

Au siège de Namur, Louis XIV fait usage de vapeurs de soufre.

En 1855, au siège de Sébastopol, les Anglais font usage des composés arsenicaux liquides.

A la convention de La Haye, en 1899, toutes les nations européennes s'étaient interdit l'emploi de projectiles, ayant pour but de répandre des gaz asphyxiants. Mais cette convention n'a pas pu empêcher l'emploi des gaz de combat pendant la guerre mondiale.

Dans le traité de Versailles les Alliés ont interdit tout emploi de gaz de combat, mais pouvons-nous espérer que ce point du traité sera plus respecté que les autres et ne sera-t-il pas considéré comme un nouveau « chiffon de papier » ? A ce point nous ne devons avoir aucune illusion, nous

devons constater l'existence de la guerre des gaz et savoir que l'emploi du gaz de combat sera beaucoup plus généralisé dans une guerre future et qu'il sera employé non seulement sur le front, mais dans l'intérieur du pays pour paralyser l'industrie et démoraliser les populations.

Nous devons donc envisager une protection complète et totale, s'étendant non seulement de la première ligne jusqu'à l'arrière, mais encore au cœur du pays.

*
* *

Définition et classification des gaz de combat

Définition : Toutes substances gazeuses, liquides ou pulvérulentes, susceptibles d'annihiler ou au moins diminuer la capacité combative du soldat.

Quelles conditions doit remplir un gaz de combat et pourquoi l'a-t-on employé ? Sur ces questions nous trouvons une réponse fort précise sur le carnet de route trouvé sur le cadavre d'Otto Volkmann du 23^e R.B. le 29 juin 1918 :

« Quelles conditions doit remplir un gaz destiné au combat ?

1° Il doit être un poison, c'est-à-dire tuer aussi rapidement que possible.

2° Il doit être plus lourd que l'air atmosphérique.

3° Il doit être le moins possible perceptible pour les sens.

Pourquoi s'est-on décidé à employer des gaz? Afin d'obtenir le maximum de résultats avec la moindre consommation de munition.

Tandis qu'avec des abris de 6 mètres d'épaisseur de voûte on arrive à se protéger contre les obus ordinaires, les obus à gaz exercent leur action dans un rayon assez distant du point de chute.

Grâce à sa densité, le gaz s'infiltre dans les abris les plus sûrs et atteint les occupants.

Enfin un kilogramme d'explosifs coûte 2 M 40 et un kilogramme de chlore coûte seulement 18 pf. »

Classification des gaz de combat :

(D'après l'« Assistante du Devoir National », Section Tours)

I. *TOXIQUES SUFFOCANTS :*

1° *Chlore :* gaz lourd, à durée fugace, à odeur suffocante ;

2° *Phosgène :* gaz lourd, durée fugace, odeur de foin pourri ;

3° *Chloropicrine :* liquide, durée persistante ;

4° *Palites :* liquide, persistant, odeur de chocolat ;

5° *Arsines* suffocantes : poussières très fines, persistantes.

Action des suffocants :

Action immédiate, gravité en rapport avec la dose de gaz absorbée.

A) Phase initiale : irritation des yeux et de la gorge, constriction des premières voies respiratoires, arrêt de la respiration, toux quinteuse, face violacée.

B) Phase de remission (manque souvent).

C) Phase des grands accidents : œdème pulmonaire aigu, expectoration rosée, suffocation, asphyxie bleue, défaillance cardiaque.

II. *TOXIQUES VESICANTS :*

1° *Ypérite :* liquide, durée prolongée, odeur de moutarde ou d'ail ;

2° *Arsines* vésicantes : type Lewisite : liquide persistant, odeur de géranium.

Action des vésicants :

Lente, insidieuse, persistante.

A. Incubation sans symptômes : plusieurs heures.

B. Période initiale : nausée, gonflement des paupières et larmoiement, parfois somnolence.

C. Période d'état :

a) Yeux : conjonctivite intense ;

b) Peau : brûlures douloureuses depuis rougeurs jusqu'à phlyctènes et escharres ;

c) Voies respiratoires : laryngite, lésion de la trachée et des bronches, expectoration de fausses membranes, puis œdème pulmonaire, parfois gangrène ;

d) Tube digestif : ulcérations, vomissements, diarrhée ;

e) Système nerveux : dépression, somnolence.

III. *TOXIQUES IRRITANTS :* sont de deux sortes : lacrymogènes et respiratoires.

1) *Lacrymogènes:* Bromure de Benzyle et Bromacétone : sont liquides et très persistants. (Le chloropicrine, le palites et l'ypérite sont également lacrymogènes.)

2) *Respiratoires :* Arsines irritants. Type Adamsit : poussière très fine, très persistante, odeur éthérée.

Action des irritants :

Action immédiate, mais peu durable, sans gravité (sauf le cas de fortes concentrations).

a) Lacrymogènes : irritation des yeux : larmoiement intense ;

b) Respiratoires : irritation des fosses nasales, de la gorge, de la trachée : éternuements incoercibles, quintes de toux nausées, vomissements.

IV. *TOXIQUES GENERAUX :*

1) *Acide cyanhydrique :* liquide, fugace, odeur spéciale désagréable.

2) *Oxyde de carbone :* gaz, fugace, incolore et inodore.

Action des toxiques généraux :

1) Acide cyanhydrique : toxique du système nerveux : chute brusque, raideur des membres, convulsions, mort rapide (à dose faible, action passagère et sans gravité).

2) Oxyde de carbone : toxique du sang. Douleur vive dans les temps, vertiges, défaillance, somnolence, coma. A dose forte : mort foudroyante.

Protection contre les gaz de combat

Depuis l'existence des guerres les hommes ont usé deux moyens de défense : collectif et individuel. Les procédés collectifs furent les châteaux, les murailles des villes. Les procédés individuels furent le bouclier, la cuirasse et le casque.

De même, dans une guerre de gaz moderne, on doit envisager une protection individuelle, qui laisse au sujet son indépendance, mais qui l'oblige à porter un appareil peu commode, et une protection collective qui oblige le sujet de se tenir dans un abri, dans un local étanche, en lui interdisant toute action individuelle.

La protection individuelle ou collective a comme but l'isolement complet du sujet du milieu extérieur et elle fait appel à deux procédés : isolement qui crée autour du sujet un milieu respirable artificiel, indépendant de l'atmosphère, et la filtration par un appareil qui permet l'arrivée de l'air pur dans les voies respiratoires.

Protection individuelle

Le matériel de la protection individuelle comprend des appareils respiratoires et des vête-

ments imperméabilisés. En fait il n'est que les appareils respiratoires dont on ait envisagé l'emploi.

Une protection totale est nécessaire contre les vésicants (Ypérite, Lewisite) qui provoquent des brûlures dangereuses, même parfois mortelles. Un vêtement hermétique, un véritable scaphandre est seul capable d'offrir quelques garantis. Incommode, coûteux, dangereux, parce qu'il s'oppose à la respiration cutanée, un tel vêtement ne peut être prévu que pour les équipes de secours.

Il est de même des appareils respiratoires isolants, qui ne font aucun emprunt d'air à l'atmosphère environnante. En supposant que les tissus du masque soient complètement imperméables, l'appareil est encombrant, coûteux, d'un entretien très délicat, et surtout d'un fonctionnement de faible durée.

Une seule question qui nous intéresse véritablement est celle de l'efficacité des appareils filtrants, des masques en usage dont on recommande l'achat aux populations civiles.

Les masques filtrants ne donnent pas la protection de celui qui le porte en dehors d'un ensemble de conditions qu'il n'est pas possible de réunir en temps de guerre. Nous allons énumérer les principales limites des appareils filtrants:

Le masque filtrant ne crée pas l'oxygène nécessaire à la respiration, il est donc inefficace lorsque l'atmosphère ambiante ne contient pas assez d'oxygène.

Il est polyvalent, mais non omnivalent.

La concentration au gaz de combat ne doit pas être trop forte.

En plus, il est nécessaire que les masques soient distribués avant la guerre pour éviter toute surprise et de permettre l'adaptation au visage de chacun. Or, le masque stocké ou conservé personnellement doit être entretenu. Un entraînement régulier est indispensable pour pouvoir marcher, travailler sans modifier la respiration. Il faut bien savoir en hâte l'adapter au visage. Il faut vouloir le supporter. Et enfin, l'usage en est interdit à certaines personnes, soit pour des raisons physiologiques (maladies pulmonaires, cardiaques, nerveuses), soit pour des raisons psychologiques (angoisse du masque) ; en plus son application est impossible aux enfants (d'autres appareils ont été faits, d'ailleurs, pour eux).

Les premiers appareils de protection furent de simples tampons. Tels le *tampon P 1* imprégné de l'huile de ricin ; le *tampon P 2,* formé de deux tampons : un imprégné d'huile de ricin, l'autre d'une solution d'acétate basique de nickel.

Le premier masque employé en France fut le *masque T,* muni de compresses de composition variable ; puis le *masque TN* à deux compresses : une verte imprégnée d'urotropine, de sulfanilate de soude et de carbonate basique de nickel ; l'autre blanche imprégnée d'alcool, de glycerine, d'huile de ricin et de soude. La compresse verte protégeait contre le phosgène, diphosgène et acide cyanhydrique, tandis que la compresse

blanche protégeait contre certains gaz suffocants du type chlore et contre les gaz lacrymogènes.

Ensuite vint le *masque M 2* qui fut mieux étudié au point de vue de son adaptation.

Ces appareils énumérés ci-dessus purifient l'air grâce à un *procédé chimique.* C'est-à-dire le gaz toxique, en passant par ces compresses imbibées d'un réactif chimique, donne un composé fixe ou inoffensif. Par exemple le chlore est fixé par l'hyposulfite de soude selon la réaction suivante :



$$4Cl^2 + S^2O^3Na^2 + 5H^2O = 2SO^4NaH + 8\,HCl$$

Anhydride iodique oxyde l'oxyde de carbone en acide carbonique avec mise en liberté d'iode ; l'hopcalite, mélange d'oxyde de manganèse et de cuivre, avec des traces d'oxydes de cobalt et d'argent, catalyse la réaction assez vite pour qu'elle soit complète pendant le temps que met l'air à traverser la couche filtrante. A moins d'avoir affaire à des atmosphères très viciées, l'acide carbonique se trouve en quantités insuffisantes dans l'air inspiré pour avoir quelque inconvénient.

Les procédés de fixation chimique sont très efficaces dans certains cas, mais ne peuvent offrir une solution un peu générale du problème de la filtration. Les appareils à fixation par absorption seuls permettent d'obtenir des masques polyvalents. Le type de ces masques filtrants est *le masque A.R.S.* qui est l'appareil utilisé par l'armée française.

Fonctionnement des masques filtrants

Quel qu'il soit, le fonctionnement d'un masque filtrant est basé sur le principe suivant :

L'air extérieur est aspiré à travers des masses filtrantes qui retiennent par filtration les fumées et les poussières toxiques et par absorption les poisons chimiques. Pour qu'un appareil filtrant puisse être utilisé il faut que l'air soit assez riche en oxygène pour satisfaire aux besoins de l'organisme et ne contenir ni trop de gaz toxiques, ni des gaz suspects. Dans les cas contraires il faut avoir recours aux appareils qui fonctionnent en circuit fermé, qui sont les seuls qui puissent donner une sécurité.

Tous les appareils filtrants sont constitués de trois éléments principaux : I. Masque proprement dit ; II. Dispositif d'aspiration et l'expiration ; 3. Dispositif filtrant.

I. *Le masque proprement dit* recouvre toute la face de la personne protégée, sur laquelle il s'appuie hermétiquement, ce qui conditionne son étanchéité. Le masque doit être fait d'une matière imperméable. Le caoutchouc moulé serait la matière idéale, mais il présente plusieurs inconvénients graves : il se conserve mal, il se détériore rapidement sous une température peu élevée, il est sensible aux influences de certains gaz qui l'altèrent lorsqu'ils sont à une certaine concentration (phosgène et ypérite à l'état liquide). La construction des masques en cuir est

économique et facile, mais le cuir est également attaqué par l'ypérite liquide.

En France on emploie des masques à double paroi formée par un tissu huilé, protecteur à l'extérieur, et un tissu caoutchouté à l'intérieur. Ceci est, croyons-nous, la solution la plus avantageuse.

Le masque doit être maintenu sur le visage par des bandes élastiques, pour lesquelles on utilise soit des bandes de caoutchouc nervuré, gainé, soit du tissu élastique, soit des ressorts parkirisés gainés de toile dont la durée est plus longue.

Des visières, soit en cellophane, soit en verre de sécurité, sont fixées à la hauteur du regard et enclavées dans un cercle de caoutchouc pour obtenir une parfaite étanchéité.

Pour éviter la condensation de la buée à l'intérieur du masque on fait passer l'air frais déposé sous les visières pour en chasser la buée ou en protégeant celles-ci contre l'air humide expiré (les systèmes antibuée sont nombreux).

II. *Le dispositif permettant l'entrée de l'air inspiré et la sortie de l'air expiré* est formé de deux soupapes : a) soupape d'inspiration ; b) soupape d'expiration.

a) *La soupape d'inspiration* est une rondelle de caoutchouc très mince reposant sur un siège métallique placé sur le chemin suivi par l'air inspiré. Son fonctionnement est très simple : elle se soulève quand les poumons inspirent et se

plaque contre son siège, obstrue le conduit lorsque les poumons expirent.

b) *La soupape de l'expiration* doit être placée aussi près que possible de la bouche. Elle est formée de deux feuillets de caoutchouc dont les quatre angles sont collés, dont le feuillet intérieur est percé d'un trou circulaire. Au moment de l'inspiration la feuille extérieure vient se coller contre la feuille intérieure empêchant tout passage d'air. Quand l'air est rejeté par les poumons, il arrive par le trou circulaire de la feuille intérieure, passe entre les deux feuilles séparées par la pression qu'il exerce et s'évade par les quatre orifices que deviennent les quatre côtés du rectangle.

III. *Le dispositif filtrant* est l'élément le plus important de la protection. Les tampons de jadis sont devenus, dans les appareils modernes, de volumineux filtres.

Nous ne pouvons pas décrire ici tous les filtres construits par les principales maisons et nous nous bornerons à décrire le filtre-type que l'on construit en grande série, en vue de la protection contre les gaz de combat.

On admet que les gaz de guerre connus à ce jour sont neutralisés par un dispositif filtrant composé de deux parties :

1° Une masse filtrante de charbon actif destiné à débarrasser l'air atmosphérique des gaz qui s'y étaient mêlés en les absorbant au passage.

2° Un filtre spécial destiné à arrêter des par-

ticules extrêmement tenues dont les plus généralement utilisées sont les arsines. Les arsines dont le diamètre est de l'ordre de grandeur de 1/1.000ᵉ à 1/10.000ᵉ de millimètre traversent les masses de charbon actif. Donc on est obligé de les arrêter par un filtre mécanique pour lequel on emploie divers produits : laine, papier d'alfa, bourres de soie, etc...

Le charbon actif

Au début du XIXᵉ siècle une propriété spécifique du charbon de bois fut signalée par Saussure : il absorbe les gaz. En effet, tous les gaz sont absorbés par le charbon de bois, mais dans une proportion variable. Dans des expériences comparatives, un volume de charbon de bois absorbe à 15 degrés :

1 volume ¾ d'hydrogène,
7 volumes d'azote,
9 volumes ¼ d'oxygène,
9 volumes ½ d'oxyde de carbone,
35 volumes de gaz carbonique,
65 volumes de gaz sulfureux,
85 volumes de gaz chlorhydrique,
95 volumes de gaz ammoniac.

L'absorption est donc d'autant plus importante que les gaz sont plus près de leur point de liquéfaction.

Le charbon actif est un charbon d'origine végétale qui est traité par des procédés spéciaux pour augmenter sa capacité d'absorption et il

possède les mêmes propriétés que le charbon de bois ordinaire, seulement à un plus haut degré. Tous les gaz toxiques connus, à l'exception de l'oxyde de carbone, sont absorbés par le charbon actif et tous les gaz toxiques nouveaux qu'on pourra créer dans l'avenir par union des molécules à propriétés spéciales auront nécessairement un poids moléculaire important et seront retenus par le charbon actif. Nous devons donc dire que le charbon actif est efficace contre tous les gaz et toutes les vapeurs toxiques connus et inconnus, à l'exception de l'oxyde de carbone et des corps susceptibles de dégager de l'oxyde de carbone sous l'action catalytique du charbon actif.

Le charbon actif arrête donc efficacement la presque totalité des gaz et vapeurs toxiques, mais il n'arrête pas les fumées et les poussières constituées par des éléments solides ; c'est pourquoi on a ajouté dans les appareils modernes des filtres spéciaux.

Les principales lois d'absorption des gaz par le charbon sont les suivantes :

Le poids de gaz absorbé à une température quand la pression finale du gaz varie est sensiblement proportionnelle à une puissance de la pression inférieure à l'unité (c'est la formule de Freundlich) ; quand la pression est faible, ou la température élevée, ou quand le gaz est un gaz permanent, l'exposant est voisin de l'unité.

A une même pression l'absorption diminue quand la température s'élève.

Ce qui importe dans les applications, ce n'est

pas la quantité maxima que le charbon actif peut absorber, mais la quantité qu'il peut absorber jusqu'au moment où des traces de produit apparaissent au delà du charbon ; une nouvelle variable intervient alors, la vitesse du courant gazeux.

L'absorption s'accompagne d'un dégagement de chaleur, supérieur à la chaleur de condensation de la vapeur.

Fabrication de charbon actif : On n'emploie plus de bois comme matière première directe, mais le charbon de bois ou la tourbe qui a subi déjà une déshydrogénation partielle, et on active ces matières, déjà absorbantes par elles-mêmes, en développant leur porosité par l'action de la température en présence des agents spéciaux qui aident à la destruction de tout ce qui n'est pas carbone et évitent la formation de goudron. Les charbons de bois les plus employés sont le charbon de noyaux, de noix de coco, de peuplier et de hêtre.

Il y a deux procédés de fabrication de charbon actif.

Selon le premier, on broie le charbon et on le mélasse avec une solution de l'agent d'activitation (acide phosphorique ou chlorure de zinc en général). On forme une pâte comprimée à travers une filière et débitée en petit élément. Les grains obtenus sont activés ensuite dans un four chauffé de 800 à 1.100 degrés, suivant les procédés. On lave ensuite le charbon pour le débar-

rasser de l'activant qu'il contient encore ; on le sèche et on le tamise.

Selon la deuxième méthode, on prend le charbon tel quel et on l'active par l'action de vapeur d'eau mélangée ou non à l'acide carbonique. C'est un procédé plus simple que le premier, mais il est très délicat à mettre en œuvre.

Le charbon actif, une fois obtenu, peut subir un traitement spécial en vue d'augmenter son activité à l'égard d'un corps déterminé ; en général ce traitement consiste dans une imprégnation du charbon par une substance ayant une grande affinité pour le corps considéré ; on emploie souvent dans ce but des produits basiques mis en solution : on imprégne le charbon au moyen de cette solution et on le sèche.

Le charbon doit être soumis à de nombreuses épreuves au cours de la fabrication et au moment de sa réception. Pour le charbon de marque on mesure sa densité gravimétrique, sa densité réelle, sa friabilité, son taux d'humidité, la perte de charge qu'il impose à un courant gazeux le traversant, sa puissance d'absorption pour des substances déterminées à des taux d'humidité variables. Ces dernières épreuves sont particulièrement délicates : il s'agit de former une atmosphère contenant une proportion définie de substance à absorber et d'humidité, passant à une température et à une vitesse déterminées à travers le charbon ; un indicateur placé à la suite du charbon signale le moment où des traces du corps absorbable subsiste dans l'air après le pas-

sage sur le charbon. L'activité du charbon est mesurée par le temps qui s'écoule entre le commencement du passage du corps absorbable sur le charbon et le moment où se produit le virage de l'indicateur.

Outre le charbon actif on a également essayé l'emploi de gels de silice spécialement préparés et présentant un haut pouvoir absorbant. Mais il ne paraît pas que ces substances aient pu manifester jusqu'ici des qualités filtrantes aussi accusées que celles du charbon actif.

Revenons maintenant au *filtre destiné à arrêter les poussières et les fumées :* A la fin de la guerre mondiale sont apparus certains corps, tels que l'arsine, liquides ou solides à la température ordinaire, capables d'être dispersés à l'état de particules d'une finesse remarquable et par conséquent non susceptibles d'être retenus par la masse filtrante des cartouches.

Ces corps, en général, ne sont pas toxiques, mais extrêmement irritants. Des traces infimes suffisent pour provoquer des éternuements, quintes de toux, larmoiements ou vomissements qui rendent le masque intenable et poussent le porteur à le retirer malgré lui, le privant ainsi de toute protection.

L'arrêt de ces fumées est l'une des questions les plus difficiles à résoudre.

Pour les fixer on doit mettre en œuvre un « réseau » dont les mailles soient sensiblement à leur échelle : laine, papier d'alfa, bourres de soie, bougie poreuse, etc...

Probablement les particules en question accusent-elles un certain état électrique, mais leur ordre de grandeur ne permet pas de créer des dispositifs à polarité convenable pour les capter.

Les particules en question sont extrêmement mobiles, elles sont entraînées par l'air, cheminent entre les grains de masse de charbon actif selon une trajectoire relativement régulière comparativement à celle des molécules gazeuses. On doit donc créer des obstacles à l'échelle des particules, ou plutôt une série de chicanes assez denses pour provoquer des changements de direction nombreux et obliger les particules à rencontrer les obstacles par l'effet de leur force vive.

Enfin les variations de section des canaux jouent aussi un grand rôle par les pertes de charge qui en résultent.

Il y a une production des tourbillons locaux qui engendrent des pertes de vitesse des particules telles qu'elles se déposent en chute libre. On conçoit donc que les mailles de filtre doivent être très serrées. Mais il en résulte une augmentation importante de la résistance au passage de l'air. C'est pourquoi on est amené à augmenter le plus possible la surface de filtration dans les appareils modernes contre les fumées (1 m^2 de surface filtrante pour 10 m^3 d'air par heure).

Parmi les masques destinés à la protection de la population civile, certains comportent des dispositifs à base de papier en fibres de coton ou autres, en feuilles assemblées par collage ou

encore plissées, ce qui permet d'atteindre une grande surface utile sous un très faible encombrement et avec une dépression très réduite.

Dans une guerre future les fumigènes joueront un rôle de premier plan. Les Allemands utilisent déjà des fumigènes contenant des gaz de combat (Reiznebelkerzen : chandelles asphyxiantes), qui sont en général à base d'arsines. Or, l'une des caractéristiques de ces fumigènes, c'est d'obstruer, de colmater les filtres à arsine, surtout les filtres formés par une masse fibreuse. En peu de minutes la gêne respiratoire qui est normalement à ces filtres 4 à 6 m/m passe à 50, 60 et même 80 m/m, rendant ainsi le port du masque impossible.

La durée de protection des cartouches filtrantes avec une charge normale de charbon actif (200-250 cc) type A.R.S. est de 6 h. dans une atmosphère contenant 1/500 de phosgène.

En général un bon appareil filtrant peut retenir les quantités suivantes de gaz de combat :

Acide cyanhydrique : 5 gr. environ.
Phosgène : 20 à 30 gr. environ.
Chlore : id.
Chloropicrine : id.

En France les essais des masques filtrants sont faits à raison d'un débit de 900 lh. Dans les autres pays ils sont faits à raison de 1.800 lh., cette quantité étant considérée comme un maximum nécessaire d'un homme qui exécute un travail pénible.

Dans une vague gazeuse où la teneur en gaz toxique sera peut-être au-dessus de 10 % en volume (ce qui, pour le chlore, représente déjà, dans 900 l. d'air, plus de 250 gr. de chlore), au bout de peu de temps le charbon du masque sera saturé et ce dernier sera inopérant.

Pour les filtres antiarsines, il en est de même : au bout d'un certain temps les filtres s'obstruent et deviennent insupportables à cause de la gêne respiratoire.

Nous avons décrit le filtre-type des masques ; en effet, il existe dans le commerce une vingtaine de modèles agréés, qui dérivent tous *du type A.R.S.* dont nous allons énumérer les principaux :

I. *Masque du type 1931.* — Ce masque est fabriqué en quatre tailles : G.T. (grande taille), T.M. (taille moyenne), P.T. (petite taille) et T.P.T. (très petite taille) ; la cartouche, celle que nous venons de décrire, est constituée d'un double filtre : une masse de *charbon actif* et un *filtre antiarsine.* La cartouche peut être fixée soit directement au couvre-visage, soit par l'intermédiaire d'un tuyau simple. Toutes les cartouches ont le même pas de vis et sont interchangeables. Les principales masques sont :

1) Appareil filtrant R.G.A. muni d'une cartouche avec dispositif antiarsines en papier alfa colmaté.

2) Appareil filtrant A.P.C. avec un filtre antiarsines en bourre minérale.

3) Appareil filtrant S.E.C.M.P. ou G.M.8. avec

un dispositif antiarsines en bourre de laine préparée.

4) Masque antigaz Ajax F.I. Filtre antiarsines en bourre d'origine animale située en arrière au charbon. Il est en caoutchouc moulé sans coutures, avec deux soupapes d'expiration.

5) Masques munis d'une cartouche A.R.M. avec dispositif contre arsines constitué par un feutre replié à surfaces multiples.

6) Les masques munis d'une cartouche faits par les Etablissements Poelmann-Schneider. Cette cartouche a un dispositif antiarsines à grande surface filtrante, constitué par un papier de grande homogénéité.

Les masques nommés ci-dessus sont les dérivés de l'A.R.S. de 1918 et ils ne diffèrent que par le dispositif antiarsines.

II. *Les masques à couvre-visage transparent* qui peuvent également fonctionner avec n'importe quelle cartouche. Voici les principaux :

Le masque M.S.P. et le masque C.E.P.

Comme nous savons, les cartouches de ces appareils filtrants ont une durée de 6 à 10 h. Il existe des appareils filtrants de durée beaucoup plus longue : les appareils filtrants Tissot.

L'appareil filtrant Tissot existe en deux modèles : *grand et petit.*

Cet appareil est pratiquement d'une durée illimitée ; dans une atmosphère contenant 1/5.000 de phosgène, il peut protéger pendant 50 à 60 h. Il comporte un masque en caoutchouc

relié, par un tuyau souple à surface annelée, à un récipient filtrant qui est placé sur le dos du sujet et il est fixé à l'aide de bretelles. Dans le bidon métallique il existe un ensemble filtrant comprenant du charbon, de la paille de fer imprégnée de chaux sodée. On peut y ajouter un dispositif antiarsines pour arrêter les arsines. Les viseurs sont protégés contre la buée par un dispositif antibuée qui consiste à faire passer l'air frais sur les viseurs. Cet appareil est excellent mais, en raison de son volume et de son prix, ne peut pas être généralement employé.

L'oxyde de carbone

Ce gaz se produit en quantités importantes dans les explosions d'obus et il est très dangereux en cas d'explosion dans un local non aéré ; cependant, il n'est pas considéré comme un gaz de combat proprement dit, d'une part, parce que sa densité est un peu plus faible que celle de l'air atmosphérique, ce qui a pour effet de le faire disparaître très rapidement en espace libre, d'autre part, on n'est pas encore parvenu à le liquéfier et à le rendre pratiquement transportable.

L'oxyde de carbone traverse les filtres de charbon actif et seul les *filtres catalyseurs* sont efficaces.

Ces filtres catalyseurs sont constitués par un mélange granulé (appelé hopcalite) d'oxydes

métalliques composé de 40 % d'oxyde de cuivre et de 60 % de bioxyde de manganèse.

Ce granulé a la propriété de transformer à son contact l'oxyde de carbone en bioxyde de carbone en dépens de l'oxygène auquel il est mélangé.

Cette réaction catalytique ne peut s'effectuer qu'en absence de vapeur d'eau. Donc le catalyseur doit être préservé de l'humidité et intercalé entre deux couches de matières absorbantes (chlorure de calcium desséché). Le filtre est complété par une masse de charbon actif pour absorber les autres vapeurs ou gaz toxiques.

Le masque filtrant idéal

On peut déduire qu'en l'état actuel de la science des gaz de combat, pour obtenir une protection idéale, le dispositif filtrant d'un masque devrait comporter à la fois :

une masse filtrante de charbon actif pour absorber les gaz de combat proprement dits ;

un filtre destiné à arrêter les fumées et les arsines ;

un filtre catalyseur pour éliminer l'oxyde de carbone.

La réalisation pratique d'un tel appareil est peu facile ; parce que la gêne respiratoire augmente avec le nombre de filtres envisagés, l'appareil devient rapidement fatigant, surtout quand le porteur doit fournir des efforts physiques ; en-

suite la durée limitée du dispositif contre l'oxyde de carbone les rend rapidement perméable.

Nous devons nous contenter en pratique d'avoir des appareils à double filtre, constitués d'une masse de charbon actif et d'un dispositif anti-arsines.

La population qui possède de tels masques est-elle parfaitement protégée contre les gaz de combat? Nous devons dire : non. Pourquoi ?

1) Parce que le masque n'arrête que les gaz dilués ;

2) Parce que ces masques sont polyvalents, mais non omnivalents ;

3) Parce que l'entretien des masques est très délicat et il est à craindre que, le jour J, beaucoup de masques seront hors d'usage.

4) Parce que ceux même qui auront leurs masques ne sauront pas les mettre ;

5) Parce que le masque ne vaut rien s'il n'existe pas la discipline, la discipline du masque qui demande un entraînement sérieux et fréquent pendant le temps de paix ;

6) Et enfin parce que beaucoup d'individus ne peuvent pas porter un masque pour des raisons physiologiques ou psychologiques.

Protection collective

Le point essentiel de la protection collective est la possibilité de construire des abris. Le problème est difficile à résoudre par suite de la nécessité d'assurer à la fois la protection contre les

dangers explosifs, incendiaires et toxiques. Les abris utilisés pendant la dernière guerre (caves, métro) ne sont plus suffisants. La puissance de pénétration des bombes s'est accrue ; les gaz plus lourds que l'air gagneront les lieux profonds où l'on se réfugiera contre les bombes, devenus de véritables pièges ; enfin la durée du séjour exige un abri habitable.

Un abri doit donc satisfaire aux conditions suivantes : donner une protection efficace contre les bombes explosives et incendiaires, étanchéité au gaz, aération, habitabilité.

Théoriquement rien n'empêche d'imaginer un abri qui satisfasse ces conditions, mais en pratique il est impossible d'organiser ainsi la protection d'une grande ville.

L'efficacité des bombes moyennes de 500 kilos est telle que pour être à l'abri de ces bombes il faut se placer à un minimum de 13 mètres sous terre ou à 3 mètres 50 sous le béton. En plus, l'abri doit être également protégé latéralement contre l'ébranlement de l'explosion.

Il faut être sûr que l'abri soit à l'épreuve des incendies : problème relativement simple.

L'étanchéité contre les gaz doit être absolue. Si l'abri est construit de toutes pièces on doit ne laisser subsister comme ouverture que les voies d'accès. Une fermeture hermétique est très difficile à obtenir lorsqu'on aménage un local préexistant.

Pour s'assurer qu'un nouvel arrivant n'introduit pas du gaz toxique, il faut prévoir une salle

d'attente, un sas, pour désinfecter l'arrivant et l'air contaminé.

Un abri étanche et solide ne permet un séjour que s'il est aéré et habitable.

On peut envisager une aération artificielle par régénération chimique : l'anhydride carbonique sera absorbé par la potasse ou la soude et l'oxygène produit par des feroxydes ou conservé sous pression. Mais la chaleur dégagée (70 calories par homme et par heure) rendra bientôt la température incommode. L'aération par emprunt d'air pur à l'atmosphère extérieure, qui suppose des cheminées d'une quarantaine de mètres au-dessus du sol, est difficilement réalisable et dangereuse. Donc on ne doit compter que sur l'air emprunté de l'atmosphère contaminée qui est filtré suivant les mêmes principes que dans la protection individuelle.

Comme nous venons de dire un abri parfait doit protéger contre les trois périls aériens suivants : l'explosion, l'incendie et l'asphyxie. Occupons-nous seulement de la protection contre l'asphyxie, partie la plus médicale, et peut-être la plus difficile à réaliser.

Pour que les réfugiés dans un abri soient complètement préservés contre les gaz de combat, l'abri doit être étanche et en même temps on doit assurer la présence de l'oxygène nécessaire à la respiration.

L'étanchéité de l'abri

L'étanchéité d'un abri, comme pour le masque, doit être absolue.

Le procédé qui consiste à installer des fermetures à peu près étanches et à se maintenir en surpression n'est admissible que lorsque l'on n'est exposé à aucun aléa.

L'étanchéité d'une porte par une bande de caoutchouc ne peut pas être considérée comme efficace. Cette installation exige un portage parfait de la porte sur son cadre, la moindre déformation de la porte fera disparaître son étanchéité. Il est certain qu'une porte en service se déforme, soit en raison de la brutalité avec laquelle elle sera manœuvrée, soit à cause d'une explosion produite à son voisinage.

A l'heure actuelle, seul le système de fermeture par joint pneumatique peut nous donner une herméticité absolue, même pour une porte déformée.

Nous ne pouvons pas décrire ce système dans tous ses détails, nous allons seulement dire en quelques mots le principe de ce dispositif dû à Ernest Payen :

Un joint pneumatique dilatable, sorte de chambre d'air, est emprisonné dans un fourreau métallique constitué par l'assemblage de trois feuillures spéciales. Une de ces feuillures est mobile, les deux autres fixes. C'est donc par le jeu de la feuillure mobile que le joint de caoutchouc se trouve complètement emprisonné et qu'il remplit

son rôle d'obturateur, assurant l'étanchéité. La dilatation du joint pneumatique peut être obtenu par eau, vapeur ou air. La pression lors du gonflement du pneumatique s'exerce dans l'axe de la circonférence formée par les trois profils des trois feuillures.

Nous n'insistons pas sur les détails de ce procédé, ni sur les différents modèles qui sont en commerce, nous constatons seulement que la presque totalité des abris actuels sont munis de portes étanches dérivées du système Payen.

Pour avoir des parois imperméables aux gaz, on les recouvre soit avec des lames métalliques, soit avec du ciment.

Aération de l'abri

Supposons que nous avons un abri parfaitement étanche, grâce aux parois métalliques ou cimentées étanches, avec une porte parfaitement étanche, il s'agit maintenant d'y pouvoir vivre un temps déterminé. Les personnes réfugiées ne pourront y séjourner sans danger qu'un temps limité. L'air deviendra rapidement irresponsable du fait de l'oxygène absorbé et du gaz carbonique dégagé par les occupants.

Il y a une formule simple pour calculer le temps que les occupants d'un abri peuvent séjourner :

$$T = \frac{3\,V}{4\,N}$$

T = temps en heures ; V = la capacité de l'abri en m^3 ; N = le nombre d'occupants. Considérons un abri de 2 m. de haut, 5 m. de large et 3 m. de long. Son volume est de 30 m^3 ; c'est donc dire que cinq personnes peuvent y vivre pendant 4 h. ½ ; que dix personnes peuvent y vivre pendant 2 h. ¼, etc.

Comme dans un abri de 30 m^3 sûrement que les réfugiés vont être nombreux, la durée de protection va être manifestement insuffisante en cas d'un bombardement prolongé.

Il est important de connaître la teneur de l'air confiné en acide carbonique et en oxygène.

On doit veiller que le taux de gaz carbonique ne s'accumule pas au-dessus de 1,5 %. Un homme dégage par heure environ 30 litres d'acide carbonique, donc par un simple calcul nous pouvons toujours connaître le taux approximatif du gaz carbonique.

On peut faire absorber l'acide carbonique par le moyen d'un alcali caustique, mais en l'absorbant on doit être sûr que l'abri est réellement étanche parce que l'absorption entraîne une dépression dans l'abri, qui a comme conséquence l'irruption dans l'abri d'une quantité correspondante d'air extérieur contaminé par des gaz de combat.

Cela signifie que, pratiquement, il ne faut jamais faire absorber le gaz carbonique, à moins que l'abri ne soit en communication avec l'air extérieur par une tuyauterie, dans le parcours de

laquelle on aura interposé un filtre de charbon actif et un filtre antiarsines.

Quant à la teneur de l'oxygène du milieu confiné, la Commission départementale de la Défense passive de la Seine nous donne deux moyens simples de s'en rendre compte :

« Il est impossible d'enflammer une allumette suédoise dans une atmosphère où la proportion d'oxygène est au-dessous de 17,5 %.

Dès que l'oxygène tombe à 16,2 % une bougie allumée s'éteint. »

La régénération de l'air dans un local parfaitement clos peut se faire de plusieurs façons.

Procédé simple, c'est l'emploi de l'oxygène comprimé dans des tubes d'acier. Il faut calculer 30 litres d'oxygène par heure et par homme.

A défaut de l'oxygène comprimé on peut utiliser des peroxydes : soit *oxylithe* (peroxyde de Na), soit *épurite* (peroxydes mixtes de K et Na). Ces corps au contact de l'eau mettent en liberté leur oxygène. 100 gr. d'oxylithe donne 15 litres d'oxygène, dont la dose est de 200 gr. d'oxylithe par occupant et par heure.

On pourrait utiliser l'air prélevé d'une hauteur suffisante au-dessus du sol, mais il faudrait une cheminée qui dépasse 35-40 mètres. Qui peut garantir que cette cheminée reste intacte au cours d'un bombardement ?

Nous croyons que la solution qui consiste à introduire de l'air extérieur à travers un filtre est la meilleure, surtout pour un abri à grande capacité. On doit appeler l'air dans l'abri par des

ventilateurs puissants, qui réalisent, durant leur fonctionnement, une surpression qui s'oppose à l'entrée des gaz asphyxiants si l'abri n'avait pas une étanchéité parfaite.

Une question très importante à déterminer, c'est le volume des abris par tête d'occupant.

Nous connaissons la formule suivante :

$$T = \frac{3\,V}{4\,N}\ ;\ \text{donc}\ V = \frac{4\,NT}{3}$$

Si l'on fait N et T égaux à l'unité, on a :

$$V = \frac{4}{3} = 1333\ \text{l.}$$

Par conséquent, pour un occupant et pour une heure le volume de l'air nécessaire doit être 1333 l. Il faut donc compter, pour un abri alimenté en air extérieur filtré , une circulation de 1400-1500 l. d'air filtré au minimum par heure et par tête d'occupant.

Une conférence d'ingénieurs techniciens, réunie en 1935 sous la présidence du Professeur Tanon, a admis comme base 1 m^3 5 par heure et par personne.

Procédés de filtration

Il est indispensable de réaliser une double épuration : fixation des gaz de combat par le charbon actif et la captation des arsines. Avec cette épuration il n'y a qu'un risque : présence de l'oxyde de carbone.

Le charbon actif : on emploie du même type que celui des masques. On emploie de grands filtres contenant 140-150 litres environ (70-75 kilos), et on peut compter sur une fixation de 200-250 gr. de chlore, de phosgène ou de chloropicrine par kilogramme de charbon.

Le dispositif antiarsines est basé également sur le même principe que celui des masques à gaz. On emploie en général un filtre formé de carton filtrant spécial à grande surface : 1 m^2 de surface filtrante pour 10 m^3 d'air par heure. Ce dispositif doit être sérieusement aménagé parce que, dans une guerre future, les fumées artificielles toxiques vont jouer probablement un grand rôle.

Le dispositif filtrant doit être placé à l'intérieur de l'abri pour être protégé contre l'explosion. L'aspiration de l'air doit être faite par un ventilateur mû électriquement ou à bras d'homme, disposé de manière qu'il aspire l'air extérieur à travers la caisse. Ce dispositif est très simple à réaliser, et il permet, par un réglage convenable du ventilateur, de maintenir dans l'atmosphère une légère surpression par rapport à l'atmosphère extérieure. Or une surpression de 5-10 $^{m}/_{m}$ d'eau, absolument inappréciable aux organismes humains, s'oppose à l'entrée d'air extérieur par les fissures. En règle général, ce manque d'étanchéité sera suffisant pour éviter que la pression n'atteigne des valeurs excessives ; parfois, au contraire, il faudra prévoir un orifice d'évacuation, qui devra être muni d'un clapet de

retenue pour éviter toute rentrée d'air non filtré.

Sans vouloir décrire en détail les différents abris qui sont aménagés de filtres, nous devons dire quelques mots sur l'abri familial transportable « D.B. » dont la conception est due à M. Henri Dubouillon et l'équipement contre les gaz à M. Louis Bergé.

Cet abri est bâti en béton de ciment pervibré et armé d'aciers durs. Il peut facilement résister au choc de moyennes bombes d'avion. Il est coiffé d'une couche d'éclatement en rails destinée à provoquer le ricochet des bombes d'avion.

Il est équipé au moyen d'un filtre de charbon actif et d'un dispositif antiarsines pour donner à ses occupants un air respirable amené dans l'abri par un aspirateur mû à la main et rejeté par un éjecteur.

Un sas d'accès, protégé à l'extérieur par une porte étanche, système Payen, permet d'en sortir sans que les occupants éprouvent une gêne quelconque.

Il est facilement transportable à l'aide d'un tracteur automobile.

Son prix de revient est assez modeste ; nous croyons que c'est un bon abri, surtout pour la protection des enfants, des vieillards et des malades.

Conclusions

Comme nous avons vu, la protection contre les gaz de combat par les dispositifs filtrants est possible aussi bien dans la protection individuelle que dans la protection collective.

Mais cette protection n'est pas absolue pour les raisons suivantes :

1) Les filtres généralement employés (composés d'une masse de charbon actif et d'un dispositif antiarsines) n'arrêtent que les gaz dilués.

2) Ils sont polyvalents, mais non omnivalents. L'oxyde de carbone traverse ces filtres et il est à craindre que dans une guerre future on aura d'autres gaz contre lesquels nos filtres vont être inefficaces.

3) Leur durée est limitée.

4) Ils ne peuvent pas créer de l'oxygène, nécessaire à la respiration, ils sont donc inefficaces lorsque l'atmosphère est pauvre en oxygène.

Ce sont les inconvénients des filtres en général, aussi bien dans la protection individuelle que dans la protection collective.

En dehors de ces inconvénients énumérés ci-dessus les masques ont leurs inconvénients spéciaux :

1) Un masque ne protège pas tout le corps.

2) Beaucoup de masques seront hors d'usage, parce que leurs propriétaires ne savent pas les conserver ou les faire contrôler.

3) On manquera d'entraînement régulier pour

savoir adopter le masque vite et bien, pour savoir marcher, courir ou travailler sans modifier la respiration.

4) Enfin l'usage du masque est interdit à certaines personnes pour des raisons physiologiques ou psychologiques ; son application est impossible aux enfants.

Les abris, en dehors des inconvénients généraux, ont aussi leurs défauts :

1) L'étanchéité totale est difficilement réalisable.

2) Ils doivent donner une protection efficace contre les dangers explosifs et incendiaires.

3) Ils sont tellement coûteux qu'on ne peut pas espérer pouvoir en construire assez pour protéger les populations d'une ville de quelques centaines de mille d'habitants.

Donc nous devons être heureux si, le jour J, nous aurons assez d'abris de bonne qualité pour protéger ceux qui ne peuvent pas porter un masque.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,
G. ROUSSY.

VU :

Le Président de la Thèse,
L. TANON.

VU :

Le Doyen,
M. TIFFENEAU.

Bibliographie

L. BERGÉ. — Les appareils filtrants dans la guerre des gaz. (*Bull. de la Société des Ingénieurs Civils de France,* mars-avril 1934.)

P. BERLAND. — La défense passive en U. R. S. S. (*L'Hôpital,* août 1936.)

P. BRUÈRE. — Péril aérien. Remarques sur l'organisation pratique de la protection collective et individuelle. (*L'Hygiène Sociale,* 10 mai 1935.)

P. BRUÈRE. — Exercices pratiques du secouriste sur la protection contre les gaz de combat (1933).

P. CHAVIGNY. — Défense passive contre les gaz. (*Concours médical,* 22 mars 1936.)

D. CORDIER et H. MAGNE. — Les gaz de combat au point de vue physiologique, médical et militaire (1936).

D. CORDIER et H. MAGNE. — Eléments de toxicologie militaire. (*Paris Médical,* 13 avril 1935.)

COT. — Asphyxie du temps de paix et du temps de guerre (1932).

COT. — La guerre et les appareils respiratoires. (*Documentaire médical,* décembre 1935.)

L. COUILLAUD. — Les gaz de combat (1936).

CUENAT. — La guerre aéro-chimique (1935).

L. DAUTREBANDE. — L'école supérieure de protection contre les gaz de combat. (*La Presse Médicale,* 2 juin 1937.)

R. DUBRISAY. — La protection collective des populations contre les gaz. (*Paris Médical,* 13 avril 1935.)

A. GUILLAUME. — S'il y avait la guerre (1936).

HANNE. — Sur l'emploi de CO comme gaz de combat. (*Industrie chimique,* mai 1935.)

INIAN IMAMI. — Le corps médical en face du péril aéro-chimique. (Thèse de Paris, 1935.)

G.-F. JAUBERT. — Moyens de défense contre les attaques par gaz de combat. (*Bull. de la Société des Ingénieurs Civils de France*, mars-avril 1934.)

G.-F. JAUBERT. — La défense par appareils isolants et abris. (*Bull. de la Société des Ingénieurs Civils de France*, mars-avril 1934.)

L. LEDUC. — La défense contre les gaz asphyxiants. (*L'Avion Sanitaire*, novembre-décembre 1935.)

A. LOIR. — La protection contre les gaz de combat en Italie. (*Arch. Méd. Chir. de Normandie*, avril 1935.)

R. MERCIER. — Le combattant aux prises avec les gaz (1928).

MOYNIER. — La protection contre les gaz de combat. (*Union Fédérative Nationale des Méd. de réserve*, octobre 1936.)

R. RENAUT. — Les bases de la protection contre les gaz de combat. (*Paris Médical*, 13 avril 1935.)

E. REWITCH. — Les gaz de combat. Historique et protection vus par le médecin. (Thèse de Paris, 1936.)

VÉROLA. — Le charbon actif. (*Bull. de la Société des Ingénieurs Cicils de France*, mars-avril 1934.)

S. WOLLOWICZ. — Protection des populations civiles contre la guerre chimique. (*Revue Internationale de la Croix-Rouge*, octobre 1935.)